Biologie

LA MITOSE



CUEEP - USTL
Département Sciences
Bahija Delattre

Février 2006

I. L'INTRODUCTION

Chaque cellule d'un organisme supérieur provient de la multiplication d'une cellule préexistante (cellule mère). La mitose est le mécanisme de division qui permet à partir d'une cellule mère d'obtenir deux cellules filles identiques entre elles et possédant les mêmes informations génétiques que la cellule mère. Toutes les cellules d'un même organisme sont issues d'une cellule par mitose : l'œuf chez les animaux, la graine chez les plantes et la spore chez les champignons.
Avant qu'une cellule commence sa division, elle va subir une étape de croissance, de maturation et de duplication de chromosome. Tous ces mécanismes sont effectués durant les trois premières phases de cycle cellulaire. La mitose est la 4ème et dernière étape d'un cycle cellulaire.

Il existe d'autres types de division : la méiose pour les cellules sexuelles, l'amitose pour les organismes inférieurs (végétaux ou animaux).

Certaines cellules ne sont pas renouvelées.
Exemples : les cellules musculaires, les cellules de la paroi intestinale

II. LE CYCLE CELLULAIRE

Le cycle cellulaire se décompose en plusieurs phases :

- la phase G1 : G pour gap ou intervalle,
- la phase S : S pour synthèse,
- la phase G2 : pour second intervalle,
- la phase M : M pour mitose.

La durée d'un cycle cellulaire est variable selon le type de cellule. Chez la plupart des mammifères, ce cycle dure entre 10 et 30 heures.

- **La phase G1** : C'est le temps entre le moment de la naissance d'une nouvelle cellule et le début de la réplication de l'ADN, c'est une phase de croissance initiale, caractérisée par la synthèse des protéines. La durée de cette phase est variable selon la nature de la cellule.
  Cette croissance nécessite un apport important de nutriments pour la synthèse de l'ADN. Lorsque les facteurs deviennent insuffisants (facteurs de croissance, hormones…), le cycle s'arrête et la cellule entre en phase de repos ou quiescente (phase G0).
- **La phase S** : Lorsque la cellule atteint une certaine taille, elle entre en phase S, phase de duplication de matériel génétique. C'est une phase de durée constante de 6 à 8 heures.
- **La phase G2** : C'est une phase de contrôle de la réplication de la molécule d'ADN de durée très courte (5 à 6 heures). Pendant cette étape, la cellule déclenche le mécanisme de réparation de l'ADN à la fin de la réplication et prépare la division cellulaire. En G2 les cellules contiennent deux fois plus de chromosomes qu'en G1. La phase G2 se termine par l'entrée en mitose.
- **La phase M** : Dans la mitose ont lieu de nombreux événement aboutissant à la division cellulaire. C'est une étape de faible activité métabolique qui marque la fin d'un cycle cellulaire. Cette phase est caractérisée par la séparation des chromosomes homologues et la division de la cellule mère en deux cellules filles identiques et possédant les mêmes chromosomes que la cellule mère.
  A la fin de la division, les cellules filles se retrouvent en phase G1 et un nouveau cycle cellulaire démarre.

Fig. 1 :
L'information génétique se transmet et se conserve au cours du cycle cellulaire

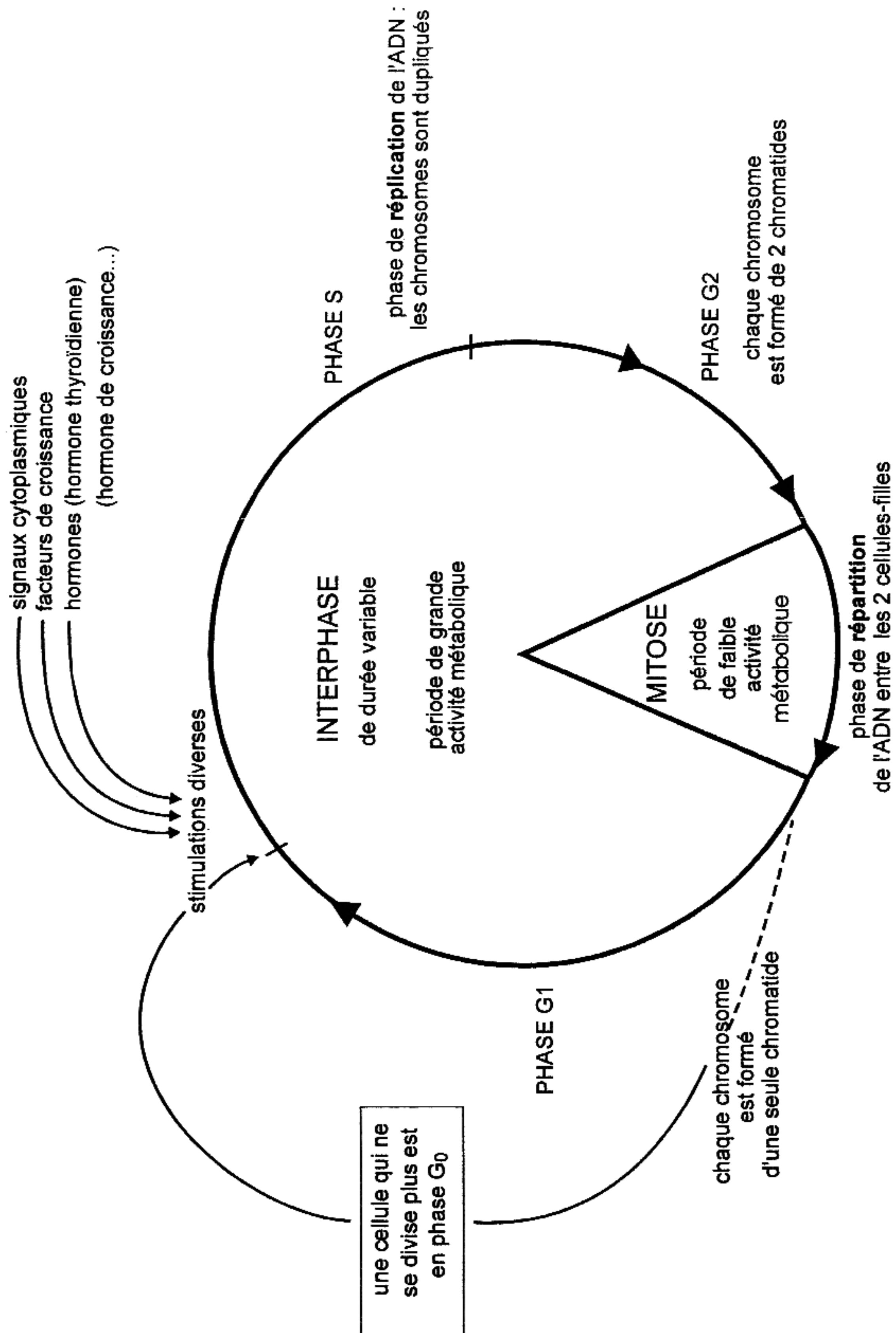
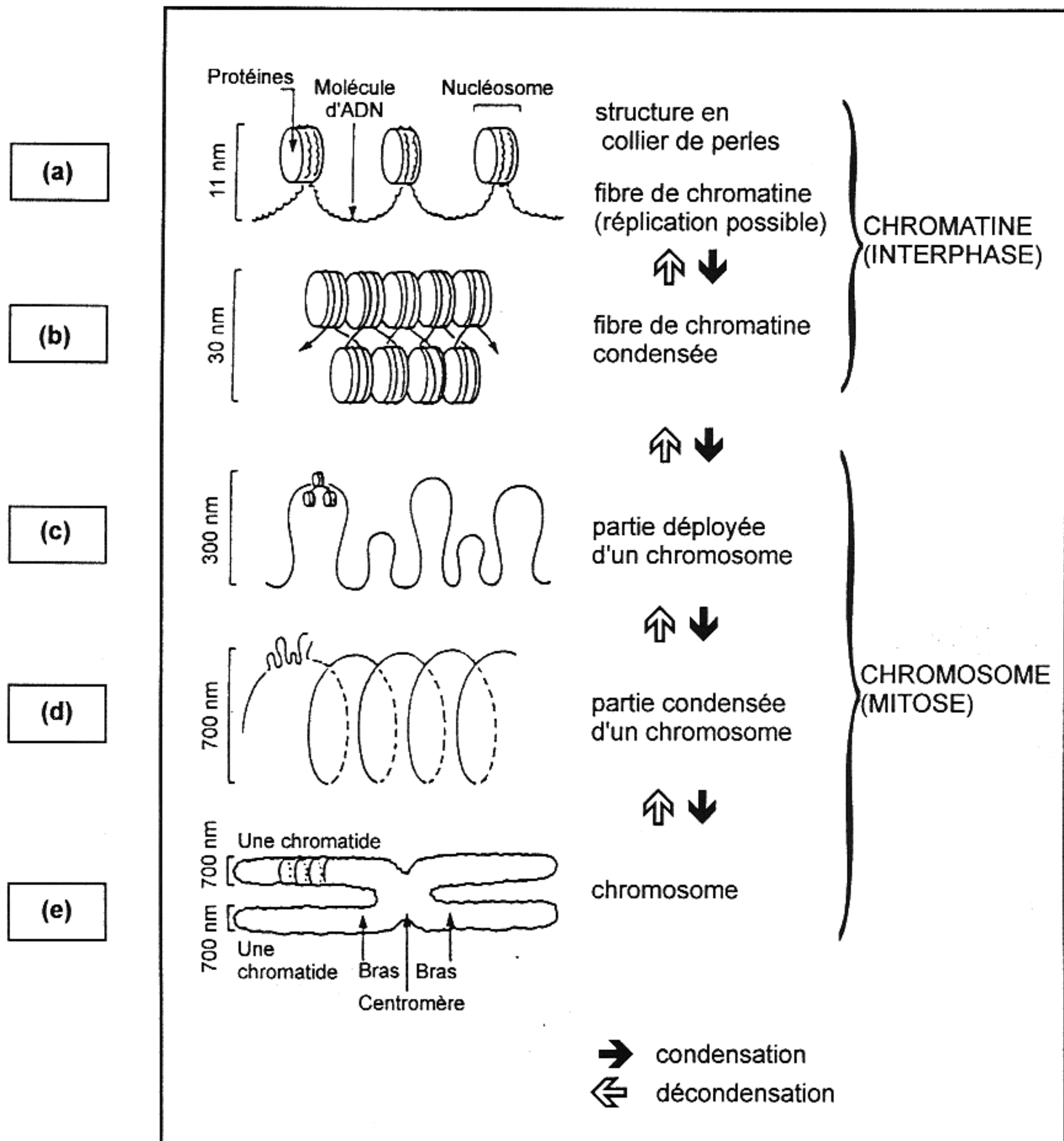


Fig. 2 :
Devenir d'un chromosome parental au long d'un cycle d'une cellule eucaryote



III. LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DE LA MITOSE

La mitose est un mécanisme complexe et efficace qui répartit de façon égale les chromosomes entre les cellules-filles. Elle touche les éléments nucléaires (la caryodiérèse) et les éléments cytoplasmiques (la cytodiérèse).
Durant la mitose, période ou la cellule se dédouble, on observe une suite caractéristique d'événements morphologiques.
Classiquement, ces événements sont classés en 4 phases : prophase, métaphase, anaphase et télophase.

L'interphase regroupe les trois premières étapes d'un cycle cellulaire (G1 + S + G2).
C'est la phase entre deux mitoses. Les chromosomes ne sont ni individualisés ni visibles aux microscopes photoniques car la chromatine (ADN associé à des protéines) est dispersée dans le noyau.
Le centrosome, composé de deux centrioles perpendiculaires est dupliqué en fin d'interphase.

III.1 LA PROPHASE

Le début de la prophase est caractérisé par l'individualisation des chromosomes, qui par la suite vont s'épaissir et se raccourcir ; chaque chromosome est constitué de deux chromatides-sœurs soudées par leur centromère.
Les deux centrosomes accompagnés de microtubules constituent des asters qui vont migrer vers les deux pôles opposés de la cellule. Les microtubules exercent une tension sur les chromosomes et dirigent leurs mouvements pendant la division cellulaire. Ces microtubules et les protéines associées constituent le fuseau ou le filament.
Les débris de l'enveloppe nucléaire ne sont plus visibles au microscope photonique.
Cette phase dure environ quarante minutes.

La pro-métaphase est caractérisée par la polymérisation de nombreux microtubules. Ces derniers s'allongent en direction des centromères des chromosomes dont le but de capturer les chromosomes un par un et les placer à l'équateur du fuseau.

III.2 LA MÉTAPHASE

Les chromatides-sœurs condensées sont reliées à chacun des pôles de la cellule par leur centromère et vont se placer dans le plan équatorial de la cellule situé à mi-chemin entre les pôles du fuseau.
Cette phase est très courte, elle ne dure que cinq minutes.

III.3 L'ANAPHASE

Cette phase qui ne dure que quelques minutes, commence par la séparation des chromatides-sœurs au niveau des centromères et leur migration vers les pôles opposés (chaque chromatide devient un chromosome)
Cette séparation se produit simultanément dans tout le lot de chromosomes.

III.4 LA TÉLOPHASE

Les chromosomes séparés arrivent aux pôles et les microtubules kinétochoriens disparaissent. Les chromosomes commencent à se dérouler et à se décondenser. Deux nouvelles membranes nucléaires apparaissent autour des deux lots de chromosomes-fils. Les nucléoles commencent à réapparaître.
La cytodiérèse commence par une invagination de la membrane au centre de la cellule, perpendiculairement à l'axe du fuseau pour former le sillon de division qui se creuse pour séparer les deux cellules filles.
Cette phase dure dix minutes, pendant lesquelles les chromosomes poursuivent leur décondensation. Chaque cellule va poursuivre son cycle, et après duplication de son ADN entre à son tour en mitose.

Fig. 3 :
Les différentes étapes de la mitose

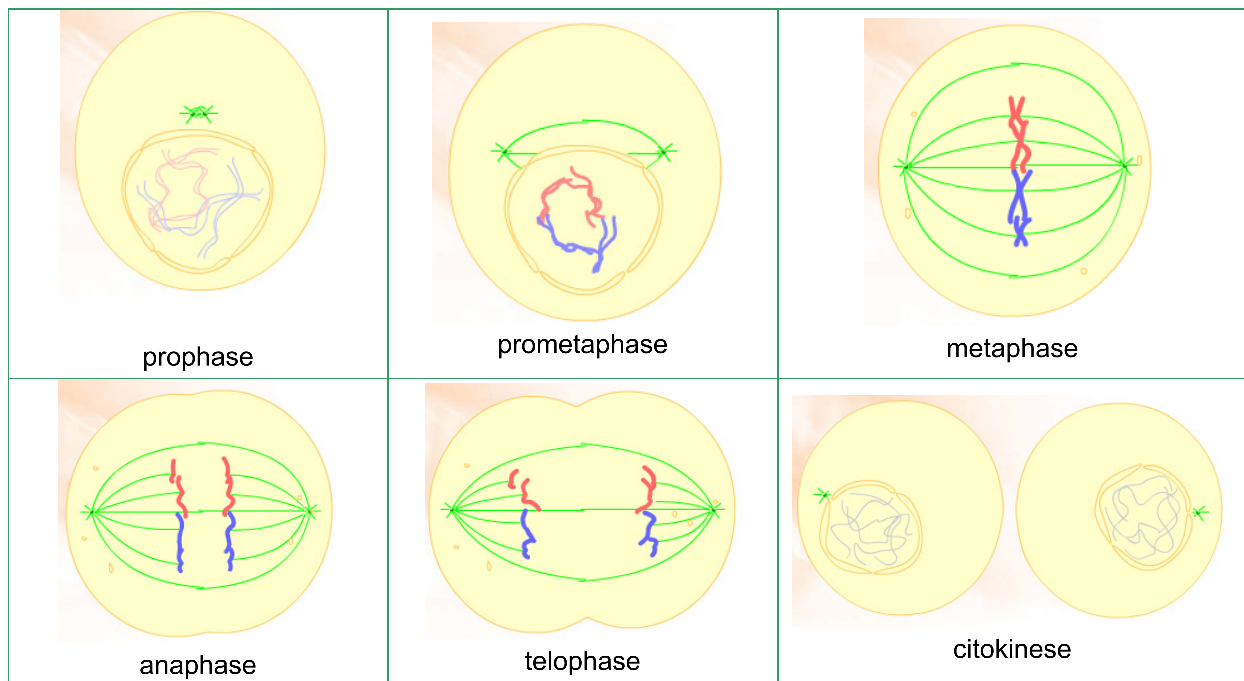
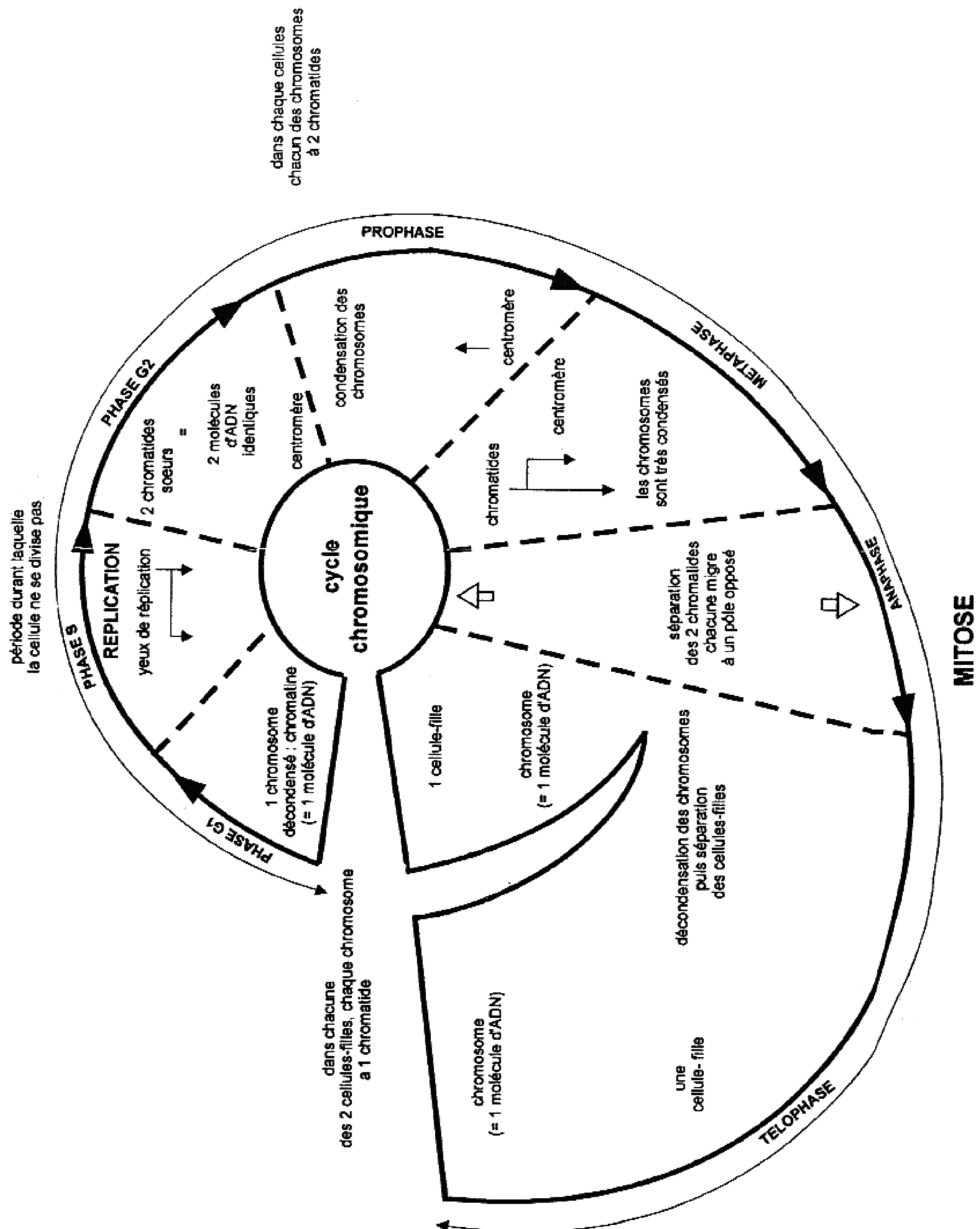


Fig. 4 :
La mitose répartit l'information génétique chez les eucaryotes.



PARTIE EXERCICES :
LE CYCLE CELLULAIRE ET LA MITOSE

Quelle(s) est (sont) la ou les proposition(s) exacte(s) ?

Question 1

Le cycle cellulaire…

a. est l'ensemble des modifications subit par une cellule entre sa formation et sa division. ❒
b. est le mécanisme de mitose. ❒
c. est le mécanisme de méiose. ❒
d. est occupé en grande partie par l'interphase. ❒

Question 2

L'interphase…

a. est la première étape de la mitose.
b. se décompose en trois phase G1, S, G2. ❒
c. s'achève par la formation de deux cellules filles. ❒
d. sa durée est invariable quelque soit le type cellulaire. ❒

Question 3

La phase G1…

a. est la première phase de la mitose. ❒
b. succède immédiatement à une mitose. ❒
c. sa durée est variable selon les cellules. ❒

Question 4

La phase G1…

a. est une phase de synthèse d'ADN. ❒
b. la quantité d'ADN caractéristique de l'espèce reste constante pendant toute cette phase. ❒
c. est une phase de croissance cytoplasmique. ❒

Question 5

La phase S…

a. est une phase constante. ❒
b. est caractérisée par la réplication de la totalité de l'ADN nucléaire. ❒
c. au cours de cette phase, le taux d'ADN double. ❒
d. est une phase de croissance cytoplasmique. ❒

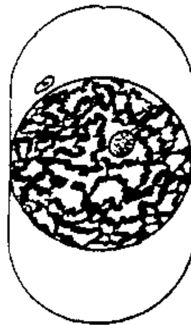
Question 6

La phase G2…

a. est une phase courte. ❒
b. elle débute au moment de la réplication de l'ADN. ❒
c. la quantité d'ADN est identique à celle observée au cours de la phase G1. ❒
d. marque la fin d'un cycle cellulaire. ❒

Question 7

1. Que représente la figure ?
2. Quelle est le nom de la phase qui suit cette figure



Question 8

A l'aide d'un schéma,

- expliquez les relations qui existent entre un cycle cellulaire et l'évolution de chromosomes ;
- précisez par une flèche, à quelle phase du cycle se fait la réplication de l'ADN.

Question 9

La mitose comporte quatre stades : anaphase, prophase, métaphase, télophase.

a. Cette affirmation est inexacte car il manque l'étape d'interphase. ❐
b. Cette affirmation est exacte mais l'ordre n'est pas correct. ❐
c. Cette affirmation est exacte et l'ordre est correct. ❐
d. Cette affirmation est inexacte car il ne s'agit pas de la mitose. ❐
e. Cette affirmation est inexacte car il manque deux stades. ❐

Question 10

La mitose…

a. est un phénomène continu. ❐
b. est un phénomène discontinu, on distingue 4 phases. ❐
c. le phénomène essentiel est la condensation des chromosomes. ❐
d. les nucléoles disparaissent au début de la prophase. ❐

Question 11

La mitose d'une cellule eucaryote…

a. intéresse tous les éléments nucléaires. ❐
b. intéresse tous les éléments cytoplasmiques. ❐
c. distribue l'ADN entre deux cellules filles. ❐

Question 12

La mitose…

a. est un mécanisme de duplication de la molécule d'ADN. ❐
b. peut être bloquée par la colchicine. ❐
c. est la phase de synthèse de protéines. ❐

Question 13

La mitose est le nom qu'on donne à…

a. un cycle cellulaire. ❐
b. l'interphase. ❐
c. une partie du cycle cellulaire. ❐

Question 14

La prophase…

a. est un phénomène cytoplasmique. ❐
b. est un phénomène nucléaire. ❐
c. le chromosome prophasique est le plus condensé. ❐
d. le partage des chromosomes en deux lots identiques caractérise cette phase. ❐

Question 15

a. L'enveloppe nucléaire disparaît à la fin de la prophase. ❐
b. La mitose maintient l'enveloppe nucléaire. ❐
c. La mitose débute par l'arrêt de la migration des chromosomes qui se regroupent aux pôles cellulaires. ❐

Question 16

Les chromosomes sont parfaitement visibles en…

a. interphase. ❐
b. prophase. ❐
c. métaphase. ❐
d. anaphase. ❐
e. télophase. ❐

Question 17

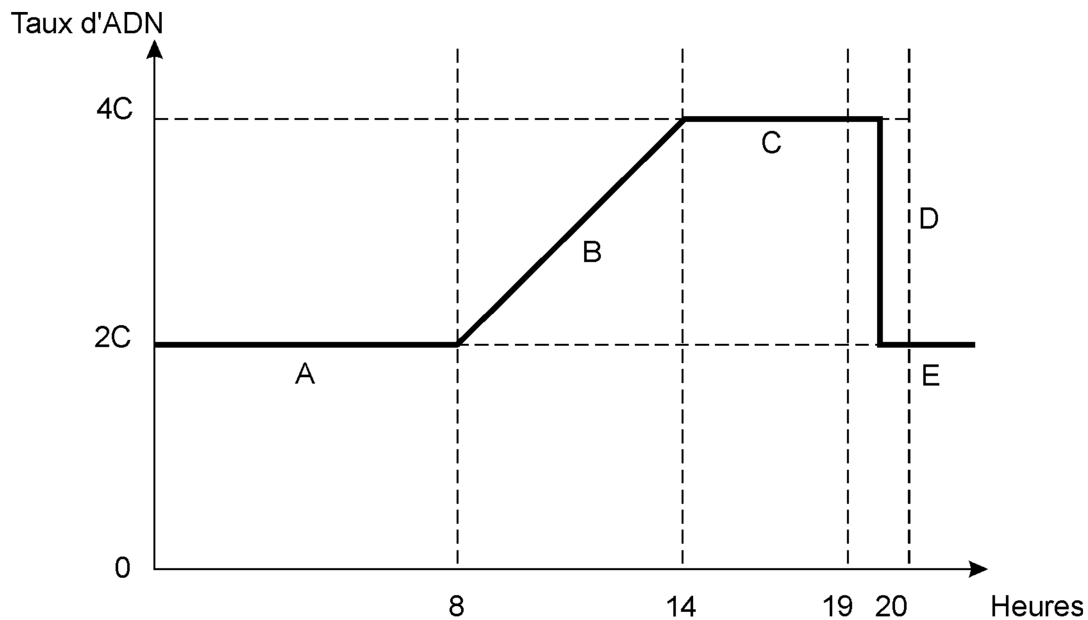
Accordez chaque étape (de 1 à 5) à un mécanisme.

1.	Interphase	a.	Apparition des asters
2.	Prophase	b.	Le nucléole et l'enveloppe nucléaire se reforment
3.	Métaphase	c.	La séparation des chromatides
4.	Anaphase	d.	Les chromosomes se placent dans l'équateur du fuseau
5.	Télophase	e.	Duplication de la molécule d'ADN

Question 18

Le taux d'ADN nucléaire de ces cellules est mesuré au cours de leur évolution et reporté sur le graphe ci-dessous.

1. Interprétez et précisez les différentes phases du graphe.
2. Quels renseignements apporte-t-elle sur le rôle de l'ADN dans la préparation de la division cellulaire ?



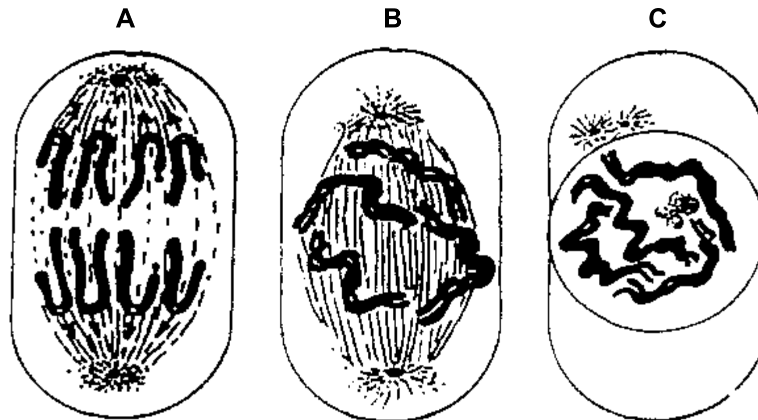
Question 19

1. Cochez les propositions exactes concernant l'anaphase d'une mitose.
2. Corrigez celles qui sont fausses.

a. Les deux chromatides de chaque chromosome migrent vers le pôle du fuseau auquel elle fait face. ❐
b. L'anaphase est l'une des étapes de division la plus longues. ❐
c. Le nucléole disparaît pendant l'anaphase. ❐
d. L'enveloppe nucléaire se reforme au cours de l'anaphase. ❐

Question 20

1. Classez les figures suivantes par ordre de déroulement de la mitose.
2. Justifiez votre classement



Question 21

La figure suivante représente :



1. une interphase. ❒
2. une prophase. ❒
3. une métaphase. ❒
4. une anaphase. ❒
5. aucune des propositions ci-dessus. ❒

On n'observe pas les asters parce que :

a. ils n'existent pas. ❒
b. ils ne sont pas dans le plan de la coupe de la cellule. ❒

Question 22

Une cellule animale possédant 6 couples de chromosomes, subit 4 mitoses successives, quel est le nombre de cellules obtenues ?

a : 4 b : 8 c : 16 d : 32 e : 64 f : 128

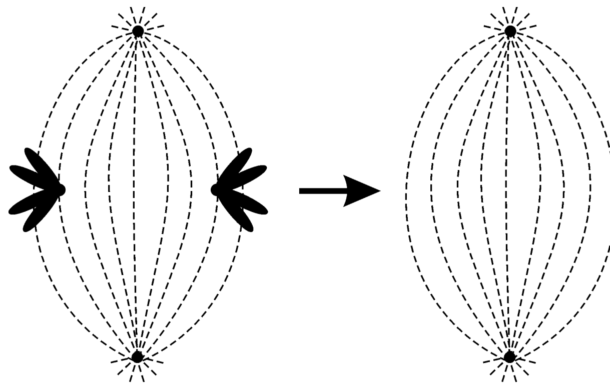
Quel est le nombre de chromosomes des cellules filles issues de la 4ème mitose ?
a : 6 b : 12 c : 24 d : 48

Question 23

Quel est le nombre de chromatides d'une cellule humaine en prophase de mitose ?

Question 24

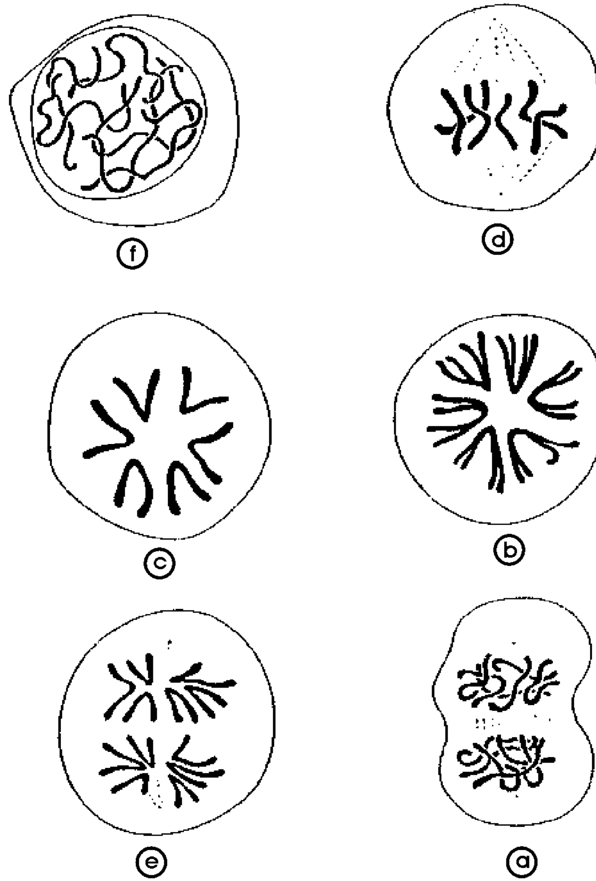
Soit la figure suivante où 2 chromosomes homologues sont présentés :



1. De quel étape de division s'agit-il ?
2. S'agit-il d'une étape de mitose ou de méïose ? pourquoi ?
3. Représentez l'étape suivante.

Question 25

Les cellules suivantes présentent les étapes de division d'une mitose.



1. Quel est le nombre de chromosomes 2n de cette cellule ?
2. Classer ces cellules par ordre de division et justifier votre classement.

Question 26

Légender la figure suivante.



CORRIGÉ
LE CYCLE CELLULAIRE ET LA MITOSE

Question 1 : le cycle cellulaire

Les réponses exactes sont a et d.
Le cycle cellulaire est l'ensemble des modifications subit par une cellule entre sa formation et sa division.

Question 2 : l'interphase

Une seule proposition est exacte : b.
L'interphase est le temps qui sépare la cellule d'une étape de mitose.

Elle se décompose en trois phases :

- La phase G1 est une phase de croissance initiale, elle succède à une mitose.
- La phase S caractérise la synthèse ou la réplication de la molécule d'ADN par un mécanisme semi-conservatif.
- La phase G2 débute à la fin de la réplication de la molécule d'ADN, c'est une phase de croissance cellulaire.

Le temps qui sépare deux divisions cellulaires varie en fonction du type cellulaire et des conditions dans lesquelles se trouve la cellule. Ce temps correspond à l'interphase.

Question 3 : la phase G1

Les propositions exactes sont : b et c.
- La phase G1, phase de croissance initiale, est une étape de l'interphase.
- La phase de synthèse d'ADN est la phase S

Question 4 : la phase G1

La proposition fausse est : a.

Question 5 : la phase S

Les propositions vraies sont : a, b et c.
La phase S est une phase de :
- Croissance nucléaire
- Durée constante (6 à 8h)
- Réplication de la molécule d'ADN donc au cours de cette phase, le taux d'ADN double.

Question 6 : la phase G2

La proposition exacte est : a
- La phase G2 est courte (5 à 6h).
- Elle débute dès que la réplication de l'ADN est terminée.
- La quantité d'ADN a doublé en G2.
- La mitose marque la fin d'un cycle cellulaire.

Question 7 : l'étape de l'interphase

Cette figure présente un nucléole bien visible et une membrane nucléaire toujours présente.
Les chromosomes sont indiscernables.
Le schéma qui suit cette figure est la prophase.

Question 8

Cycle cellulaire et évolution de chromosomes : la réplication de l'ADN se fait en phase S.

Question 9

La mitose comporte quatre stades : anaphase, prophase, métaphase et télophase.
Cette affirmation est exacte mais l'ordre n'est pas correct.
L'ordre exacte est : prophase, métaphase, anaphase et télophase.

Question 10

La mitose est un mécanisme continu.
Le phénomène essentiel de la mitose est la condensation des chromosomes.

Question 11

Les trois propositions sont exactes :
- La mitose intéresse tous les éléments nucléaires c'est la caryocinèse.
- La mitose intéresse tous les éléments cytoplasmiques c'est la cytodiérèse.
- La mitose distribue l'ADN entre deux cellules-filles.

Question 12

La proposition exacte est : b.
La multiplication de la molécule d'ADN s'effectue en interphase (phase S).
La colchicine empêche la séparation des chromosomes (expérience de Taylor) en fin de métaphase.
Cette expérience permet de visualiser l'aspect des chromosomes.

Question 13

La mitose est le nom qu'on donne à une partie du cycle cellulaire.
Un cycle cellulaire est constitué d'une interphase (étape G1-S et G2) et d'une mitose (prophase, métaphase, anaphase et télophase).

Question 14

Les réponses exactes : a et b.
La prophase est un phénomène :
- Cytoplasmique avec l'apparition des asters.
- Nucléaire avec la réorganisation des chromosomes.
- Le chromosome le plus condensé est le chromosome métaphasique
- Le partage des chromosomes en deux lots identiques caractérise l'anaphase.

Question 15

La réponse exacte est : a.
- L'enveloppe nucléaire disparaît complètement à la fin de la prophase.
- La mitose est caractérisée par la disparition de l'enveloppe nucléaire, elle distribue l'ADN entre deux cellules-filles.
- La phase qui débute par l'arrêt de la migration des chromosomes qui se regroupent aux pôles cellulaires est la télophase

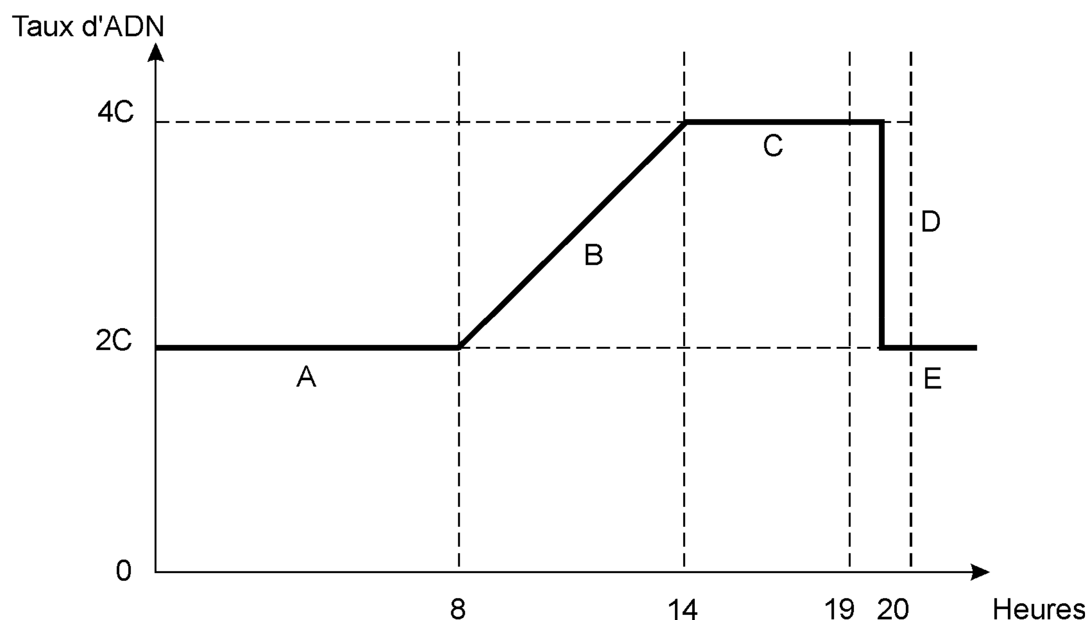
Question 16

Les chromosomes sont parfaitement visibles en prophase, métaphase et anaphase.
Ils sont coloriés en quelques points en interphase par contre, en télophase, ils s'étirent et cessent d'être coloriés.

Question 17

Etapes		Mécanismes
1. Interphase	→	e. Duplication de la molécule d'ADN
2. Prophase	→	a. Apparition des Asters
3. Métaphase	→	d. Les chromosomes se placent dans l'équateur du fuseau
4. Anaphase	→	c. La séparation des chromatides
5. Télophase	→	d. La réformation du nucléole et de l'enveloppe nucléaire

Question 18



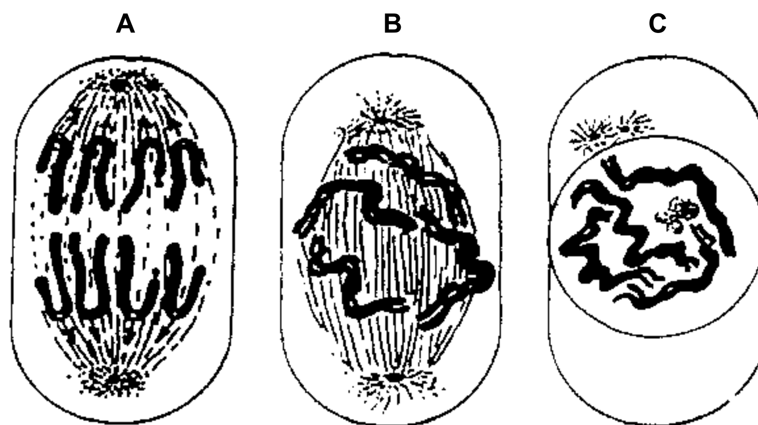
A : La phase G1 est une phase de croissance initiale qui suit une division mitotique.
B : La phase S est une phase de duplication de la molécule d'ADN.
C : La phase G2 est une phase de croissance cellulaire qui déclenche la mitose.
D : La mitose M
E : La phase G1 du cycle suivant

Question 19

Une seule proposition est exacte : a.

b. L'anaphase est une étape qui ne dure que quelques minutes.
c. Le nucléole disparaît pendant la prophase.
d. L'enveloppe nucléaire se reforme au cours de la télophase.

Question 20



L'ordre de déroulement de la mitose est : C, B, A.

C. Prophase : Les chromosomes apparaissent comme des bâtonnets.

B. Métaphase : Les chromosomes viennent se placer dans l'équateur du fuseau par l'intermédiaire des centromères.

A. Anaphase : Les 2 lots de chromosomes migrent chacun vers un pôle.

Chaque chromosome est constitué de deux chromatides liées en un point appelé le centromère.
Cette phase est caractérisée aussi par l'apparition des asters et la formation d'un fuseau achromatique

Question 21

La figure représente une métaphase.
On n'observe pas les asters parce qu'ils ne sont pas dans le plan de la coupe de la cellule.



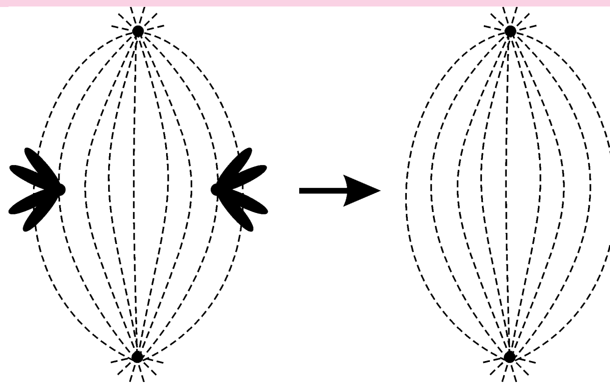
Question 22

Après 4 mitoses successives, on obtient 16 cellules (réponse c).
Le nombre de chromosomes des cellules-filles issuent de la 4ème mitose est 12 (réponse b).

Question 23

Le nombre de chromatides d'une cellule humaine en prophase de mitose est 92.

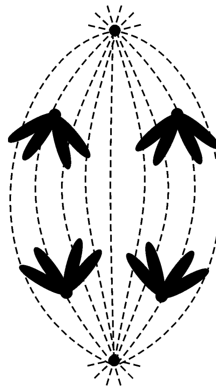
Question 24



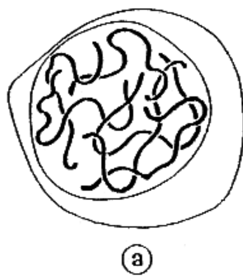
1. Les chromosomes sont alignés au niveau de la plaque équatoriale : c'est l'anaphase.

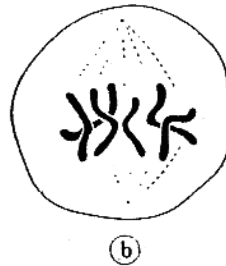
2. Il s'agit d'une mitose car les chromosomes sont fixés au fuseau par les centromères.

3. L'étape suivante est :

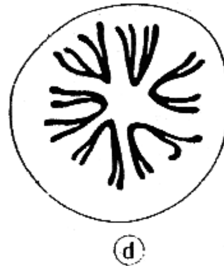


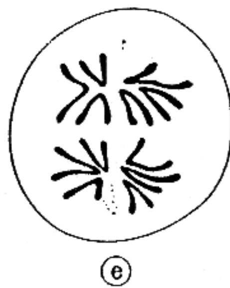
Question 25













C'est la mitose d'une cellule animale à 2n = 6 chromosomes.

Le schéma (a) présente une condensation des chromosomes et dédoublement des asters : c'est la prophase.

Sur les schémas (b), (c) et (d), les chromosomes sont alignés au niveau de la plaque équatoriale, il s'agit de la métaphase [vue latérale en (b), vue polaire avant fissuration en (c), vue plaire en cours de fissuration en (d)].

La figure (e) présente la séparation des chromosomes en deux chromatides et migration vers les deux pôles de la cellule, c'est l'anaphase.

La figure (f) présente une décondensation de chromatides, avec apparition de sillon de division cytoplasmique, c'est la télophase.

Question 26

1 : les asters

2 : le cytoplasme

3 : les chromosomes

4 : le nucléole

5 : l'enveloppe nucléaire

